

複合金属汚染が藻類の生息に与える影響

岩手大学 学生会員 ○佐藤洋平
岩手大学 正会員 伊藤歩

中居良太
相澤治郎

壽松木慧
海田輝之

1. はじめに

本研究で対象とするアルミニウムは水質環境基準の項目ではないが、植物に対する成長阻害作用を有することが報告されており、鉱山廃水処理水や酸性雨による土壌浸出水に含まれるAlイオンの河川生態系への悪影響が懸念される。佐々木ら¹⁾は、鉱山廃水処理水を受容する酸性河川について、水質と底生生物の調査と室内実験を行い、重合核Alイオンが藻類の死滅に大きく関与していることを報告した。しかし、実際の河川ではAlの他にも多数の金属イオンが存在しており、Alの毒性に対する共存金属イオンの影響に関してはまだ十分な知見が得られていない。

以上の背景から、本研究では重合核アルミニウムイオンの存在する弱酸性の水環境下で、環境基準に設定されているZnが共存する場合での付着性珪藻の培養試験を行い、水環境における重合核AlイオンとZnとの複合的な生態影響について検討した。

2. 実験材料及び実験方法

(1) 実験材料

400mg/lの $AlCl_3$ 溶液をNaOH溶液でpHを4.5に調整し、Alイオンの加水分解溶液を作成した。その溶液を用いてAl濃度の異なる希釈溶液(設定Al濃度(Al_T)=0, 0.1, 0.2, 0.5mg/l)を作成し、それぞれに共存金属としてZnを添加した溶液(設定Zn濃度(Zn_T)=0.03, 0.1, 0.2, 0.5mg/l)と添加しない溶液を作成した。さらに、Znだけを添加した溶液と、AlとZnの双方を添加しない溶液(対照系)を試験液とした。すべての試験液のpHは6とし、試験中におけるpHの変化を防ぐために、緩衝剤として2-Morpholinoethanesulfonic acidを1.68mMとなるように添加した。試験前に、ICP-MSにより全金属濃度を測定し、Ferron法によって試験液のAlの形態を Al^{3+} や $AlOH^{2+}$ 等の単核画分(以下Al-aとする)と重合核画分(以下Al-bとする)に分類した。本研究で使用した供試藻類は、国立環境研究所微生物系統保存施設から入手した*Nitzschia palea* (NIES-487)であり、試験前に継代培養して使用した。

(2) 実験方法

上記のそれぞれの試験液を3lの三角フラスコ(酸で洗浄し超純水で再度洗浄)に移し、事前に超純水で3回洗浄した後、遠心分離により濃縮した*Nitzschia palea*の植種液を同量ずつ添加した。培養条件は、室温25℃、照度4000lxの連続照射及び一日数回の攪拌とした。サンプリングは0, 6, 12, 24, 48, 72時間目に、スターラーで攪拌しながら行い、Chlorophyll a濃度を河川水質試験方法(案)に従い測定した³⁾。なお、試験液中のAlイオンとリン酸イオンの錯体や沈殿物の形成を防ぐため、栄養塩類は添加せずに培養を行い、対照系のChlorophyll a濃度を基準とし、異なる条件についてその基準より低くなる場合は金属イオンによる急性毒性的な影響があると判断した。試験期間中においてpHの変化はほとんどなかったが、NaOH溶液またはHCl溶液を用いて数回調整した。

図-1にAl添加の有無における試験液のAl画分濃度を示す。横軸の項目中の数値は試験液のZnの設定濃度(mg/l)であり、左の5つは Al_T が0.5mg/lの試験液を、残り

のものは Al_T が0.1mg/lの試験液である。 Al_T が0.5mg/lの試験液では、Al-aの濃度は0~0.008mg/lであるのに対し、Al-b濃度は0.18~0.27mg/lであり、Al-aよりAl-bの方が濃度が高いことがわかる。一方、 Al_T が0.1mg/lの試験液では、Al-aの濃度はほぼ0mg/lであるが、Al-b濃度は0.003~0.01mg/lであり、わずかであるがAl-bが存在していた。

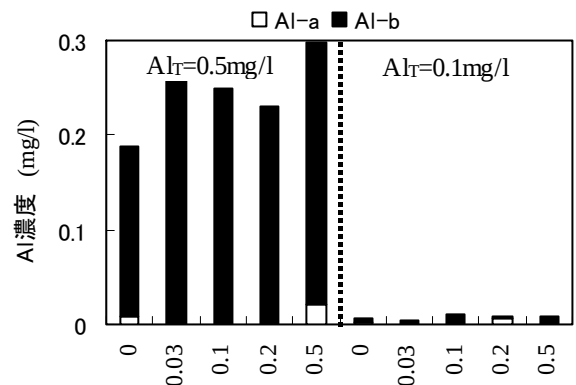


図-1 Zn 添加の有無における試験液中の Al 画分濃度

3. 実験結果及び考察

図-2にZn単独、あるいはAl($Al_T=0.5\text{mg/l}$)とZnの共存下でのChlorophyll a濃度の経時変化を示す。なお、凡例の数値は溶液の全Zn濃度の設定値であり、+Alと表示されているものは、Alを0.5mg/lとなるように添加した溶液であることをそれぞれ表している。Zn単独の条件において、Chlorophyll a濃度の減少は、Zn濃度が0.1mg/l以下ではAl濃度が0mg/lである対照系の条件とほとんど変わらないが、0.2mg/l以上である下の図では、Zn濃度の増加に伴い大きく減少した。一方、Alのみを添加した条件と対照系を比べると、Alのみを添加した条件の方が急激にChlorophyll a濃度が減少し、前述した重合核Alイオンによる影響がみられた。また、ZnとAlを添加した条件では、Chlorophyll a濃度は、添加したZnの濃度に関わらずAlのみを添加した条件と同程度減少し、ZnとAlの複合影響はみられなかった。これは重合核Alイオンによる*Nitzschia palea*への阻害作用が大きかったためと考えられる。なお、図は示していないが、 Al_T が0.2mg/lの条件でも、 Al_T が0.5mg/lのときと同じ傾向を示し、ZnとAlの複合影響はみられなかった。

図-3にZn単独、あるいはAl($Al_T=0.1\text{mg/l}$)とZnとの共存下でのChlorophyll a濃度の経時変化を示す。Zn単独の条件において、Znの濃度が0.1mg/l以上の条件では、Chlorophyll a濃度は時間的には早く減少した。Znを含まず、Alのみを含む条件についてみると、対照系に比べて少し減少するが、図-2に示した Al_T が0.5mg/lのときよりChlorophyll a濃度の減少が小さく、Alによる阻害の影響が低い。ZnとAlを添加した条件において、Zn濃度が0.03, 0.1mg/lの条件のものは、Zn単独の条件よりもChlorophyll a濃度の減少が速くなる傾向がみられ、AlとZnの複合作用が働いたと考えられる。一方、Znの濃度が0.2, 0.5mg/lと高くなると、Alの添加・無添加に関わらずChlorophyll a

キーワード: 重合核Alイオン, Zn, 珪藻, 複合影響

連絡先 : 岩手大学(〒020-8551 岩手県盛岡市上田4-3-5 TEL:(019)621-6449 FAX:(019)6449)

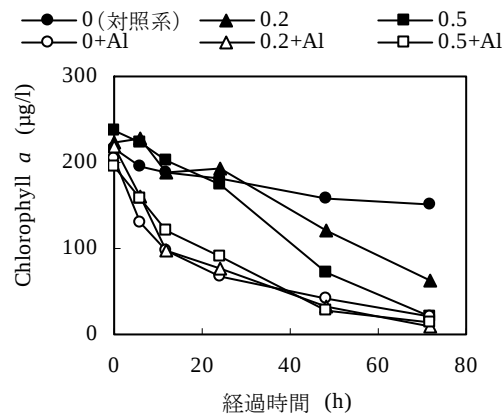
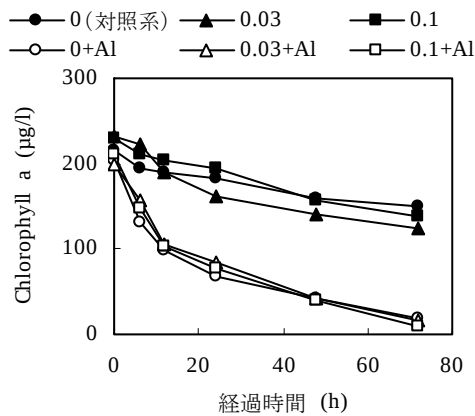


図-2 Al 及び Zn を含む溶液の Chlorophyll a 濃度の経時変化 ($Al_T=0.5\text{mg/l}$)

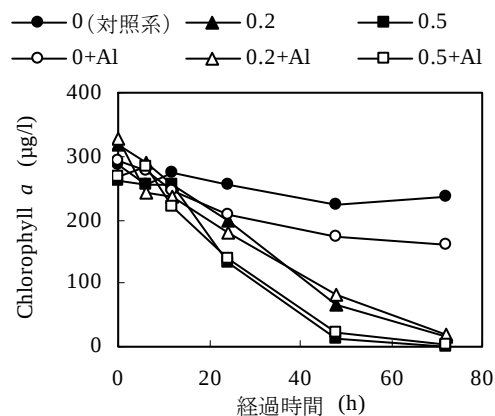
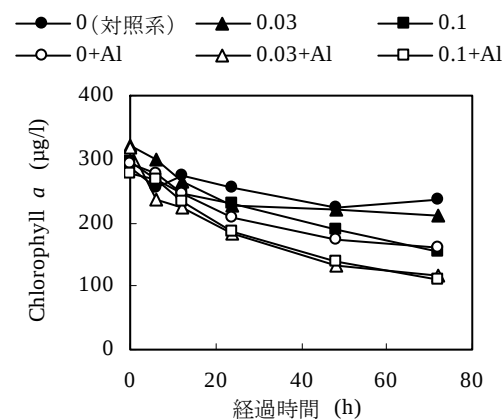


図-3 Al 及び Zn を含む溶液の Chlorophyll a 濃度の経時変化 ($Al_T=0.1\text{mg/l}$)

濃度は Zn のみを加えた条件と同程度減少し、複合影響は見られなかった。

図 4 に Al_T 濃度が 0.1mg/l の条件について、Al と Zn の複合影響の程度を把握するために、まず、各条件で実験開始直後の Chlorophyll a 濃度の値 (C_0) と 72 時間目の濃度 (C_{72}) の比 (C_{72}/C_0) をとり、次に、Al と Zn の双方を含む条件の比から Zn のみを含む条件の比を差し引き、その差をプロットしたものを示す。この図において、比率の差が Zn 濃度が 0mg/l である場合での差よりも大きい場合は、相乗的な影響であり、等しい場合は相加的な影響であり、低い場合はいずれかの金属、あるいはその双方の影響が緩和された効果であり、比率の差が 0 の場合は、Zn 単独の影響であると考えられる。したがって、Zn 濃度が 0.03mg/l の条件で見られた複合影響は、相加的な影響であることがわかる。

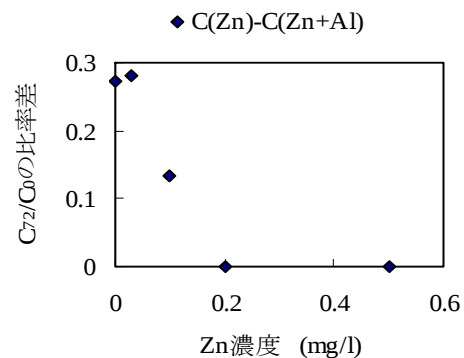


図-4 Chlorophyll a 濃度の減少率に基づいた Al と Zn の複合影響の程度 ($Al_T=0.1\text{mg/l}$)

4. まとめ

本研究では、河床付着藻類の生息に及ぼす重合核 Al イオンと Zn との複合的な影響を明らかにするために、重合核 Al イオン存在下における *Nitzschia palea* の生息に及ぼす Zn の影響について検討した。以下に得られた知見を示す。

1. Al 単独の場合、重合核 Al 画分濃度が 0.03mg/l 程度と低い場合でも、*Nitzschia palea* への阻害作用が確認された。
2. Al と Zn が共存する場合、 Al_T が 0.1mg/l のときには、Zn 濃度が $0.1, 0.03\text{mg/l}$ と低い条件の時のみ複合的な影響が確認された。
3. Al の濃度が低くても Zn の濃度が高くなった条件や、逆に、Zn の濃度が低く、Al の濃度が高い条件では、いずれかの金属による影響が強く、複合的な影響はみられなかった。

参考文献

- 1) 佐々木貴史, 伊藤歩, 高橋真司, 相澤治郎, 海田輝之: 金属加水分解生成物が付着藻類の増殖に及ぼす影響, 環境工学研究論文集, Vol. 41, pp. 127-138, 2004.
- 2) Parker D. R. and Bertsch P. M.: Identification and quantification of the “ Al_{13} ” Tridecameric polycation using Ferron, Environmental Science and Technology, Vol. 26, No. 5, pp. 908-914, 1992.
- 3) 建設省河川局監修: 河川水質試験方法(案)―試験方法編一, 技報堂出版, 1997.